

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**UNITED STATES PATENT APPLICATION**

*of*

**HEINZ-PETER FRERICH**

*for*

**SENSOR ZUM MESSEN EINER GASKONZENTRATION ODER  
IONENKONZENTRATION**

Die Erfindung bezieht sich auf einen Sensor zum Messen einer Gaskonzentration oder Ionenkonzentration gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

5

Ein solcher Sensor ist aus DE 101 18 367 A1, die auf die Anmelderin zurückgeht, bekannt.

10 Zur Messung von Gaskonzentrationen sind z.B. aus der US 4,411,741 Sensoren mit Feldeffekttransistoren bekannt, die eine als Gate verwendete gassensitive Schicht aufweisen, deren Austrittsarbeit abhängig ist von einer umgebenden Gaskonzentration.

15 Weiterhin werden zur Messung von Ionenkonzentrationen unter anderem Sensoren mit Feldeffekttransistoren verwendet, die eine als Gate verwendete ionensensitive Schicht aufweisen, deren Potential abhängig ist von der Ionenkonzentration einer umgebenden Flüssigkeit oder eines umgebenden Gases. Die US 5,911,873 zeigt einen derartigen ionensensitiven FET (ISFET).

20 Derartige Sensoren werden im allgemeinen erzeugt, indem in einem Halbleitersubstrat durch Gegendotierung jeweils eine Drain und eine Source erzeugt werden und eine isolierende Schicht auf dem Substrat zwischen der Source und der Drain gewachsen oder deponiert wird. Eine ionensensitive Schicht kann direkt auf diese isolierende Schicht aufgebracht werden. Eine gassensitive Schicht kann in einem bestimmten Abstand angebracht werden, was als suspended Gate FET (SGFET) bezeichnet wird.

25 Alternativ hierzu kann ein Gate auf dem Isolator aufgebracht werden, das kapazitiv durch ein in einem bestimmten Abstand angebrachtes gassensitives Gate gesteuert wird. Ein derartiger als capacitive controlled FET (CCFET) bezeichneter Sensor ist z.B. in der DE 43 33 875 C2 beschrieben.

30

Ein Nachteil dieser Anordnungen ist, dass wegen einer immer vorhandenen Oberflächenleitfähigkeit das Potential über dem

FET nach einer gewissen Zeit auf das Potential, welches an dem gassensensitiven Gate anliegt, gezogen wird, was zu einer Drift des Drain-Source Stromes führt. Um dies zu verhindern wird herkömmlicherweise um den FET ein leitfähiger Ring gelegt, der auch Guardring genannt wird und auf ein definiertes Potential gelegt werden kann. Bei einer derartigen Anordnung nimmt der Kanalbereich des FET aufgrund der Oberflächenleitfähigkeit des Bereiches zwischen Guardring und Kanalbereich nach einer gewissen Zeit das Potential des Guardringes an. Der Abstand des Guardringes von dem Kanalbereich des FET und die Leitfähigkeit der Oberfläche definieren die Zeit, bis der Kanalbereich das Guardring-Potential annimmt, wodurch die minimal mögliche Konzentrationsänderung pro Zeit festgelegt wird, die ein zu detektierendes Gassignal haben darf, um registriert zu werden. Dieser Abstand bestimmt die Größe und damit auch die Herstellungskosten eines derartigen Sensors.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen weiteren Sensor zu schaffen, der kostengünstig und mit kleinem Bauraum herstellbar ist und dennoch eine hohe Messgenauigkeit für die zeitliche Konzentrationsänderung gewährleistet. Insbesondere soll der Oberflächenwiderstand zwischen Guardring und FET vergrößert und damit der minimale Konzentrationsanstieg pro Zeit eines zu detektierenden Gassignales erhöht werden.

Diese Aufgabe wird durch einen Sensor nach Anspruch 1 gelöst.

Die Unteransprüche beschreiben bevorzugte Weiterbildungen.

Erfindungsgemäß wird somit auf überraschend einfache Weise die Oberflächenleitfähigkeit zwischen Guardring und FET vergrößert, ohne dass hierzu eine größer dimensionierte Schaltung notwendig ist. Der Erfindung sieht vor, um den FET herum, Strukturen, vorzugsweise Ringe, anzuordnen, die durch ein anderes Oberflächenmaterial definiert sind als das restliche Oberflächenmaterial und dadurch andere Oberflächenleitfähigkeiten haben und Kontaktwiderstände ausbilden können. Zusätz-

lich kann noch eine Oberflächenprofilierung gemäß DE 101 18 367 A1 vorgesehen werden, um weiter die RC-Zeit, die ein Angleichen des FET-Potentials an das Potential des Guardrings definiert, zu vergrößern, ohne dass die Funktionsfähigkeit der Sensoranordnung durch diese Oberflächenprofilierung beeinträchtigt wird. Durch eine solche Oberflächenprofilierung wird die RC-Zeit zusätzlich noch verlängert. Bei Verwendung der Oberflächenprofilierung sollten die erhabenen Bereiche eine andere, vorzugsweise geringere Oberflächenleitfähigkeit aufweisen als die zurückgesetzten Bereiche.

Die Oberflächenprofilierung kann hierbei erfindungsgemäß auf einfache Weise ausgebildet werden, indem auf eine zuvor erzeugte Dickoxidschicht zusätzlich zueinander beabstandete Erhöhungen ausgebildet werden.

Die vorzugsweise ringförmig auf der Dickoxidschicht angeordneten Strukturen, die durch ein anderes Oberflächenmaterial definiert sind als das restliche Oberflächenmaterial, haben erfindungsgemäß andere Oberflächenleitfähigkeiten und bilden deshalb andere, vorzugsweise höhere Kontaktwiderstände aus. Insgesamt wird durch die Erfindung der Oberflächenwiderstand zwischen Guardring und FET vergrößert und damit der minimale Konzentrationsanstieg/Zeit eines Gassignals erhöht.

Die Ausbildung auch größerer Erhöhungen ist dabei in dem Luftspalt zwischen der sensitiven Gateschicht und der Dünnoxidschicht über dem Kanalbereich in der Regel unproblematisch.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der beiliegenden Zeichnungen an einigen Ausführungsformen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Draufsicht auf einen Sensor gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 2 einen Schnitt entlang der Linie A-A' von Figur 1;

Fig. 3 einen ähnlichen Schnitt wie in Fig. 2, jedoch durch einen anderen Sensor;

- 5 Fig. 4 eine Draufsicht auf ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Sensors.

Ein Gassensor weist auf einem Substrat 11 eines ersten Ladungsträgertyps, z.B. aus n-dotiertem Silizium, eine Source 2 und eine Drain 3 eines zweiten Ladungsträgertyps, z.B. aus p-dotiertem Silizium auf, die z.B. durch Ionenimplantation ausgebildet sind.

Die Source 2 ist mit einem Sourceanschluss 6, die Drain 3 mit einem Drainanschluss 5 versehen. Zwischen Source 2 und Drain 3 ist in dem Substrat ein Kanalbereich 4 vorgesehen, auf dem eine Dünnoxidschicht 13 ausgebildet ist. Auf der Source 2 und der Drain 3 sind Isolatorschichten, z.B. Dioxidschichten 14 ausgebildet, auf deren Oberfläche 15 ein Guardring 1 aus einem leitfähigen Material aufgebracht ist, der gemäß der Draufsicht von Figur 1 um den Kanalbereich 4 herum verläuft und auf ein definiertes Potential gelegt werden kann.

Auf seitlichen Isolatorbereichen 9 ist eine gassensitive Gateschicht 8 angeordnet, deren Potential von einer umgebenden Gaskonzentration abhängig ist. Zwischen der Gateschicht 8 und der Dünnoxidschicht 13 ist ein Luftspalt 10 ausgebildet. Die Dünnoxidschicht 13 kann z. B. 3-50 nm dick sein wirkt zusammen mit dem Luftspalt als Gatedielektrikum. Änderungen der Gaskonzentration können somit als Änderungen des Source-Drain-Stromes nachgewiesen werden.

Zwischen der Dünnoxidschicht 13 oberhalb des Kanalbereiches 4 und dem Guardring 1 ist eine besondere Oberflächenstruktur vorgesehen, durch welche der Oberflächenwiderstand zwischen Guardring 1 und FET vergrößert wird. Durch geeignete Depositionsschritte von Schichten und durch Photomasken sowie an-

schließendes Ätzen werden definierte Materialien z. B. in Form  
 von einem oder mehreren Ringstrukturen auf der Dickoxidschicht  
 14 angeordnet oder in dieser eingebettet. In Fig. 1 und 2 sind  
 diese Ringstrukturen mit dem Bezugszeichen 12 bezeichnet. Die  
 5 Ringstrukturen können als Kreistringe ausgebildet sein oder -  
 wie in Fig. 1 gezeigt - viereckig oder auch vieleckig verlaufen.  
 Als Material für die Ringstrukturen bietet sich Aluminium  
 oder Aluminium mit Kupferanteil an, wodurch die Ringstrukturen  
 12 beim Aussetzen an die Umgebungsluft an ihrer Oberfläche ein  
 10 Aluminiumoxid bilden. Dies bewirkt, dass der Widerstand an der  
 Oberfläche zwischen Guardring 1 und Kanal 4 erhöht wird und  
 damit die RC-Zeit vergrößert ist, die ein Angleichen des FET-  
 Potentials an das Guardringpotential definiert.

15 In Fig. 3 ist ein ähnlicher Sensor wie in Fig. 2 gezeigt. Dort  
 erheben sich jedoch die Ringstrukturen 12 von der übrigen O-  
 berfläche der Dickoxidschicht 14 in Richtung Luftspalt 10. Die  
 zwischen dieser Erhöhung 12, also erhabenen Ringstrukturen 20,  
 liegenden Bereiche sind als Vertiefungen 12 bezeichnet. Die  
 20 erhabenen Ringstrukturen 20 weisen eine geringere Oberflächen-  
 leitfähigkeit als die Vertiefungen 12 auf. Die Ausbildung von  
 Erhöhungen 7 und Vertiefungen 12 führt zu einer Oberflächen-  
 profilierung der Dickoxidschicht 14. Die Profilierung der O-  
 berfläche 15 kann insbesondere ausgebildet werden, indem durch  
 25 entsprechende Depositionsschritte auf der Dickoxidschicht 14  
 Schichten aufgetragen werden und anschließend in mit Photomas-  
 ken definierten Ätzschritten die Vertiefungen freigelegt wer-  
 den. Die durch Deposition aufgebraachten Erhöhungen 7 bestehen  
 aus einem anderen Material als die Dickoxidschicht 14. Dabei  
 30 wird für die Oberflächenprofilierung ein Material mit einer  
 geringen Oberflächenleitfähigkeit, wie Aluminium oder Alumi-  
 nium mit Kupferanteil verwendet. Dieses bildet bei Kontakt mit  
 Luft an der Oberfläche ein Aluminiumoxid, wodurch die Oberflä-  
 chenleitfähigkeit deutlich herabgesetzt wird. Dort wo die  
 35 Schichten geätzt wurden, liegt die Dickoxidschicht 14 frei,  
 also in den Vertiefungen 12.

Ergänzend wird darauf verwiesen, dass die Dünnoxidschicht 13 auch als Kapazität realisiert sein kann. Hierzu wird zum Zwecke der Offenbarung vollinhaltlich auf die am gleichen Tag wie die vorliegende Anmeldung beim Deutschen Patent- und Markenamt vom selben Anmelder eingereichte Patentanmeldung mit dem Titel: „Sensor zum Messen einer Ionenkonzentration oder Gaskonzentration“ verwiesen.

Eine zweite Ausführungsform der Erfindung zeigt Figur 3. In diesem Ausführungsbeispiel ist der aus Source 2 und Drain 3 gebildete Feldeffekttransistor räumlich von dem Luftspalt 10 zwischen der Gateschicht 8 und dem Kanalbereich 4 getrennt. Das Gate 12 des Feldeffekttransistors wird dabei über eine Elektrode 19 isoliert unter den Erhöhungen 7 in den Kanalbereich 4 unter den Luftspalt 10 geführt.



## Patentansprüche

1. Sensor zum Messen einer Gaskonzentration oder Ionenkonzentration, der aufweist:

5 ein Substrat (11) eines ersten Ladungsträgertyps, eine auf dem Substrat ausgebildete Drain (3) eines zweiten Ladungsträgertyps, eine auf dem Substrat ausgebildete Source (2) des zweiten Ladungsträgertyps,

10 einen Kanalbereich (4) des Substrats, der zwischen Drain (3) und Source (2) angeordnet ist, einen leitfähigen Guardring (1), der außerhalb des Kanalbereichs angeordnet ist, eine sensitive Gateschicht (8), deren Potential von einer

15 umgebenden Gaskonzentration oder Ionenkonzentration abhängig ist, wobei zwischen der Gateschicht (8) und dem Kanalbereich (4) ein Luftspalt (10) vorgesehen ist, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass zwischen dem Guardring (1) und dem Kanalbereich (4) eine

20 Oxidschicht (13) ausgebildet ist, an deren Oberfläche eine Ringstruktur (20) angeordnet ist, welche eine andere Oberflächenleitfähigkeit ausweist als die übrige Oberfläche der Oxidschicht (13).
- 25 2. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Guardring (1) und Kanalbereich (4) zusätzlich eine Oberflächenprofilierung mit Erhöhungen (7) und Vertiefungen (12) vorgesehen ist.
- 30 3. Sensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass auf einer Oberfläche (15) zwischen einer isolierenden Dünnschicht (13) auf dem Kanalbereich und dem Guardring (1) durch Deposition die Ringstruktur (20) aufgetragen ist.
- 35 4. Sensor nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Ringstruktur (20) als isolierendes Material auf

einer oder mehreren Isolatorschichten, vorzugsweise Dickschichtoxidschichten (14), aufgetragen sind.

- 5 5. Sensor nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Ringstruktur (20) zumindest im wesentlichen konzentrisch zwischen Kanalbereich (4) und Guardring (1) ausgebildet ist.
- 10 6. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ringstruktur (20) aus Aluminium oder einer Aluminium-Kupferlegierung besteht.
- 15 7. Sensor nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die sensitive Gateschicht eine gassen-sensitive Gateschicht (8) ist.
- 20 8. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der aus Source (2) und Drain (3) gebildete Feldeffekttransistor räumlich von dem Luftspalt (10) zwischen der Gateschicht (5) und dem Kanalbereich (4) getrennt ist, wobei das Gate (12) des Feldeffekttransistors über eine Elektrode (19) in den Kanalbereich (4) geführt wird.
- 25 9. Sensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhöhungen (7) zugleich die Ringstruktur (20) bilden.

## Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen Sensor zum Messen einer Gaskonzentration oder Ionenkonzentration, der aufweist:

- 5 ein Substrat (11),
- eine auf dem Substrat ausgebildete Drain (3),
- eine auf dem Substrat ausgebildete Source (2),
- einen Kanalbereich (4) des Substrats, der zwischen Drain (3) und Source (2) angeordnet ist,
- 10 einen leitfähigen Guardring (1), der außerhalb des Kanalbereichs angeordnet ist,
- eine sensitive Gateschicht (8), deren Potential von einer umgebenden Gaskonzentration oder Ionenkonzentration abhängig ist, wobei zwischen der Gateschicht und dem Kanalbereich (4)
- 15 ein Luftspalt (10) vorgesehen ist.

- Um einen Sensor zu schaffen, der kostengünstig und mit kleinem Bauraum herstellbar ist und dennoch eine genaue Messung einer zeitlichen Konzentrationsänderung gewährleistet, ist vorgesehen,
- 20 dass zwischen dem Guardring (1) und dem Kanalbereich (4) eine Ringstruktur (20) aus einem anderen Oberflächenmaterial mit einer geringen Oberflächenleitfähigkeit ausgebildet ist als der übrige Oberflächenbereich.

25 Figur 2

## Bezugszeichenliste

1. Guardring
2. Source
3. Drain
4. Kanalbereich
5. Drainanschluss
6. Sourceanschluss
7. Erhöhungen
8. Gassensitives Gate
9. Isolationsschicht
10. Luftspalt
11. Substrat
12. Vertiefungen
13. Dünnoxidschicht
14. Dickoxidschicht
15. Oberfläche
16. Elektrode
20. Bereiche/Ringe mit erhöhtem Oberflächenwiderstand